

PAT-NO: JP02001093885A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001093885 A  
TITLE: MONITORING DEVICE FOR ETCHING  
PUBN-DATE: April 6, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MATSUZAWA, TOSHIAKI	N/A
HAYASHI, SHINICHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OLYMPUS OPTICAL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11268766  
APPL-DATE: September 22, 1999

INT-CL H01L021/3065 , G01B009/02 , G01B011/02 ,  
(IPC): G01B011/22 , H01L021/66

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an etching monitoring device for accurately detecting end point of etching.

SOLUTION: A light flux from a light source 20 is introduced through an optical fiber flux to a wafer 17, and the spectral intensity of reflected lights from the wafer 17 is measured by a spectroscope 23. The spectral intensity data measured by the spectroscope 23 are converted into wave number equal interval data. Also the spectral

intensity data converted into the wave number equal interval data are put to high fast Fourier transform. Then, the peak position of the Fourier transform data is detected by a detector 24, and an RF power source 18 is adjusted in accordance with the peak position detected by the detector 24 so that calculated etching amounts can be obtained.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 白色光源と、

この白色光源からの光束をウェハに導く第1の導入手段と、

上記ウェハからの反射光の分光強度を測定する分光器と、

上記ウェハからの反射光を上記分光器へ導く第2の導入手段と、

上記分光器で測定された分光強度データを波数等間隔のデータに変換する第1の変換手段と、

上記第1の変換手段で変換された上記波数等間隔の分光強度データを高速フーリエ変換する第2の変換手段と、

上記第2の変換手段で変換されたデータのピーク位置を検出する検出手段と、

上記検出手段で検出されたピーク位置からエッチング量を求める手段と、

を具備したことを特徴とするエッチング監視装置。

【請求項2】 上記エッチング量を求める手段は、上記ウェハのパターン幅に依存する偏差を補正する手段を含んでいることを特徴とする請求項1に記載のエッチング監視装置。

## 【請求項3】 光源と、

この光源からの光束をウェハに導く第1の導入手段と、

上記ウェハからの反射光に含まれる指定波長の強度を測定する分光器と、

上記ウェハからの反射光を上記分光器へ導く第2の導入手段と、

上記分光器で測定された強度データからエッチング量を求める手段と、

上記エッチング量を求める手段に於いて上記ウェハのパターン幅に依存する上記エッチング量の偏差を補正する手段と、

を備えたことを特徴とするエッチング監視装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体ウェハ或いは液晶ガラス基板等の製造プロセスに於いて、エッチングを監視し、同プロセスの終点を検出する技術に関するものである。

## 【0002】

## 【0010】

$$I = I_r + I_{r'} + I_3 + J_{12} + J_{23} + J_{31} \quad \dots (1)$$

※ ※【数1】

$$J_{12} = 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{12}}{\lambda} + \phi_{12} \right) \quad \dots (2)$$

$$J_{23} = 2\sqrt{I_2 I_3} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{23}}{\lambda} + \phi_{23} \right) \quad \dots (3)$$

$$J_{31} = 2\sqrt{I_3 I_1} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{31}}{\lambda} + \phi_{31} \right) \quad \dots (4)$$

【0011】となる。但し、 $\phi$ は各界面に於ける反射で★50★生じる位相変化に起因する定数である。

\*【従来の技術】一般に、半導体ウェハ或いは液晶ガラス基板等の製造プロセスに於いて、エッチングを監視してその終点を検出する方法の1つに、光干渉法がある。

【0003】ドライエッチング（反応性イオンエッチング）装置は、例えば、エッチングチャンバ内に対向する上部電極、下部電極を有しており、上部電極にはエッチング監視の光束を通すための開口が設けられ、下部電極上にはウェハが載置される。また、ドライエッチングの反応ガスが、導入管を通してチャンバ内に導入される。

10 【0004】そして、RF電源から上記上部電極、下部電極に高周波電力が供給されると、電極間に反応ガスのラジカルから成るプラズマが発生し、このラジカルとウェハ表面の物質の化学反応と、ラジカルがウェハ表面に衝突することによる物理的な衝撃により、ウェハ表面のエッチングが進行する。

【0005】一方、エッチングの終点を検出するドライエッチング監視装置は、光源からの照明光を光ファイバ束でコリメートレンズに導き、コリメートレンズで略平行光にしてから、監視用の開口を通して上記ウェハ表面に垂直入射する。そして、ウェハ表面で反射した光束は、監視用開口を通り、コリメートレンズで集光されて、光ファイバ束に入射する。

【0006】更に、光ファイバ束から分光器に導かれると、ここでウェハ反射光から1波長が分離されてその強度が光電変換される。この光電変換された電気信号を基に、検出器でエッチングの終点が検出されると、RF電源から上記上部電極、下部電極電極への電力供給を停止してエッチングを終了するようになっている。

【0007】次に、こうしたエッチング監視装置で測定される信号とエッチング終点の求め方を説明する。

【0008】図7は、エッチング中のウェハ断面の一例を示した図である。

【0009】この例では、Si基板1に於いてSiO<sub>2</sub>マスク2に覆われていない開口部がエッチングされている。このウェハを照明すると、マスク表面3、マスク底面4、開口表面5の3つの界面から、それぞれ反射光が戻ってきて互いに干渉する。各界面からの反射光の強度をI<sub>1</sub> (3)、I<sub>2</sub> (4)、I<sub>3</sub> (5)とし、各界面間の往復の光路長差をΔS<sub>12</sub> (3と4)、ΔS<sub>23</sub> (4と5)、ΔS<sub>31</sub> (5と3)とすれば、反射光の強度Iは、

【0012】各光路長差は、

$$\Delta S_{12} = 2 n_1 d_1 \quad \dots (5)$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{23} &= 2 (d_1 + d_2) - 2 n_1 d_1 \\ &= 2 d_2 - 2 (n_1 - 1) d_1 \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\Delta S_{31} = -2 (d_1 + d_2) \quad \dots (7)$$

である。(n<sub>1</sub> : マスク SiO<sub>2</sub> の屈折率)

各界面からの反射光の強度は、界面の反射率と測定範囲内に占める各界面の面積率等によって決定される。界面(マスク底面)4、界面(開口表面)5の反射率は界面(マスク表面)3の反射率に比べて十分大きいので、開口の面積率(=開口率)が数10%程度に大きければ、\*

$$\Delta (\Delta S_{23}) = 2 \Delta d_2 - 2 (n_1 - 1) \Delta d_1 \quad \dots (8)$$

が波長λに等しいことに相当する。したがって、マスクの屈折率 n<sub>1</sub> とエッチング選択比 R (=マスクと開口部※

$$R = \Delta d_2 / \Delta d_1 \quad \dots (9)$$

既知ならば、信号波形7の周期Tより開口部のエッチング深さの変化量 Δ d<sub>2</sub> が

$$\Delta d_2 = \frac{R \lambda}{2(R - n_1 + 1)} T \quad \dots (10)$$

【0015】と求められることになる。

【0016】つまり、上述した検出器は、信号波形7のピーク時刻 t<sub>1</sub> ~ t<sub>4</sub> を逐次検出してその平均間隔(=半周期の時間)を求める。更に、エッチング開始から現在までの経過時間と上記平均間隔より周期Tを求め、上記(10)式より、エッチング深さの変化量 Δ d<sub>2</sub> を得る。それが規定の値に達した時刻を終点として検出するものである。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述した従来の終点検出の方法には2つの課題がある。

【0018】第1に、ウェハの開口率が小さい場合、マスク部の干渉成分 J<sub>12</sub> (上記(2)式)が大きくなる。そのため、信号波形は、上記開口部の干渉成分とマスク部の干渉成分が重畳した波形となる。

【0019】両者の周期が近い場合、開口部の干渉成分だけを抽出することは極めて困難になり、上記のようなピーク時刻を使う方法では正確な終点を検出することができなくなる。

【0020】第2に、図7に示されるような、ウェハのパターン幅(w<sub>1</sub>、w<sub>2</sub>)が測定光の波長λと同等以下になると、信号波形の周期から上記(10)式が用いられて計算されたエッチング深さの変化量が、実際の値と一致しないことがある。それは、以下の電磁場解析より裏付けられる。

【0021】計算に用いられたモデルは、図9に示されるように、シリコン Si 基板上に厚さ100nmの二酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)から成るマスクパターンが形成され、プラズマエッチングで開口部の Si がエッチングされている状態である。

【0022】マスクパターンは、線幅と間隔が等間隔な☆50

\* 界面4と5の干渉成分が支配的になる。したがって、エッチング監視装置で測定される信号は、図8に示されるようになる。

【0013】信号波形7の1周期は、光路長差 Δ S<sub>23</sub> (上記(6)式)の変化量 Δ (Δ S<sub>23</sub>)

※のエッチング速度の比)

★【0014】

★【数2】

20☆単純繰り返し矩形格子である。プラズマエッチングに

よって、Siは表面から垂直方向にエッチングされるが、ここでは説明の便宜上、SiO<sub>2</sub>は全くエッチングされないものとし、Siの複素屈折率を4.09-0.0441j、SiO<sub>2</sub>の屈折率を1.5として考える。

【0023】このウェハの上方から波長450nmの平面波が垂直入射されたとき、ウェハによって正反射する成分の強度反射率を、いわゆるモード整合法と称される手法を用いて計算した。このモード整合法については、例えば山下榮吉監修「電磁波問題の基礎解析法」(電子情報通信学会編、昭和62年10月30日発行)にその方法が説明されている。Si基板に形成された溝深さと強度反射率との関係を求めた。

【0024】線幅及び間隔が3μmの場合と0.6μmの場合の計算結果は、それぞれ図10(a)、(b)に示されるように、強度反射率の信号波形の周期が異なるものとなった。

【0025】線幅及び間隔が3μmの場合は、強度反射率1周期当たりの溝深さはほぼ0.225μmと一定なのに対し、線幅及び間隔が0.6μmの場合は、第1ピークと第2ピークの間隔が0.23μm、第2ピークと第3ピークの間隔が0.24μm、第3ピークと第4ピークの間隔が0.26μmと、一定していない。

【0026】一方、上記(3)式と(6)式から予想される強度反射率の周期は、波長の半分である0.225μmである。

【0027】したがって、ウェハのパターン幅が波長λと同等以下の場合、上記(10)式を用いて計算されたエッチング深さの変化量と実際の値との間に、ある偏差が生じることになる。

【0028】この発明は上記課題に鑑みてなされたもの

であり、エッチングの終点を正確に検出することができ  
るエッチング監視装置を提供することを目的とする。

【0029】

【課題を解決するための手段】すなわちこの発明は、白  
色光源と、この白色光源からの光束をウェハに導く第1  
の導入手段と、上記ウェハからの反射光の分光強度を測  
定する分光器と、上記ウェハからの反射光を上記分光器  
へ導く第2の導入手段と、上記分光器で測定された分光  
強度データを波数等間隔のデータに変換する第1の変換  
手段と、上記第1の変換手段で変換された上記波数等間  
隔の分光強度データを高速フーリエ変換する第2の変換  
手段と、上記第2の変換手段で変換されたデータのピー  
ク位置を検出する検出手段と、上記検出手段で検出され  
たピーク位置からエッチング量を求める手段と、を具備  
したことを特徴とする。

【0030】またこの発明は、光源と、この光源からの  
光束をウェハに導く第1の導入手段と、上記ウェハから  
の反射光に含まれる指定波長の強度を測定する分光器  
と、上記ウェハからの反射光を上記分光器へ導く第2の  
導入手段と、上記分光器で測定された強度データからエ  
ッチング量を求める手段と、上記エッチング量を求める  
手段に於いて上記ウェハのパターン幅に依存する上記エ  
ッチング量の偏差を補正する手段と、を備えたことを特  
徴とする。

【0031】この発明のエッチング監視装置にあって  
は、白色光源からの光束がウェハに導かれて、該ウェハ  
からの反射光の分光強度が分光器で測定される。上記分  
光器で測定された分光強度データは、第1の変換手段に  
よって波数等間隔のデータに変換される。また、上記第  
1の変換手段で変換された上記波数等間隔の分光強度デ  
ータは、第2の変換手段により高速フーリエ変換され  
る。第2の変換手段で変換されたデータは、そのピーク  
位置が検出手段で検出され、該検出手段で検出されたピ  
ーク位置からエッチング量が求められる。

【0032】またこの発明のエッチング監視装置にあって  
は、光源からの光束がウェハに導かれ、該ウェハから  
の反射光に含まれる指定波長の強度が分光器で測定され  
る。上記分光器で測定された強度データからエッチング  
量を求められ、上記ウェハのパターン幅に依存する上記  
エッチング量の偏差が補正される。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照してこの発明の  
実施の形態を説明する。

【0034】先ず、図1乃至図5及び図7を参照して、  
この発明の第1の実施の形態について説明する。

【0035】この第1の実施の形態は、多波長測定及び  
高速フーリエ変換(FFT)で膜厚絶対値を測定するも  
のである。

【0036】図1は、この発明のエッチング監視装置の  
第1の実施の形態の構成を示したもので、光干渉法によ

りドライエッチング(反応性イオンエッチング)の終点  
を検出する監視装置の一例を示した図である。

【0037】図1に於いて、エッチングチャンバ11内  
には、対向する上部電極12及び下部電極13を有して  
おり、該下部電極13上にはウェハ17が載置されてい  
る。一方、上部電極12には、エッチング監視の光束を  
通すための監視用の開口14が設けられている。更に、  
エッチングチャンバ11内には、ドライエッチングの反  
応ガスを導入するための導入管15が設置されている。

【0038】上記対向する上部電極12及び下部電極1  
3には、RF電源18が接続されている。このRF電源  
18によって上部電極12、下部電極13に高周波電力  
を供給すると、電極間に反応ガスのラジカルから成るプ  
ラズマが発生する。このラジカルとウェハ17表面の物  
質の化学反応と、ラジカルがウェハ17表面に衝突する  
ことによる物理的な衝撃により、該ウェハ17表面のエ  
ッチングが進行する。

【0039】上記エッチングチャンバ11内を監視する  
エッチング監視装置は、以下のように構成されている。

【0040】光源20として、紫外域から赤外域までの  
白色光を放射するXeランプを用い、この光源20から  
の照明光は石英製の光ファイバ束21を通して、上記開  
口14の上方に設けられたコリメートレンズ22に導かれ、  
ここで略平行光にされ、該開口14を通してウェハ  
17表面に垂直入射される。

【0041】ウェハ17表面で反射された光束は、開口  
14を通してコリメートレンズ22で集光されて、再び  
光ファイバ束21を通して分光器23に導かれる。この  
分光器23には、ポリクロメータが用いられ、紫外域か  
ら赤外域の各波長の強度を多チャンネルの光電変換素子  
で一括測定し、それを電気信号として出力するものである。

【0042】上記分光器23には、その電気信号を基に  
エッチングの終点を検出する検出器24が接続されてお  
り、この検出器24には、上記上部電極12及び下部電  
極13に高周波電力を供給するRF電源18が接続され  
ている。RF電源18は、上記検出器24でエッチング  
の終点が検出されると、上部電極12、下部13への電  
力供給を停止してエッチングを終了する。

【0043】次に、このように構成された第1の実施の  
形態のエッチング監視装置によるエッチングの終点検出  
方法について、図7に示されるエッチング中のウェハ断  
面図を参照して、SiO<sub>2</sub>マスク2によるSi基板1の  
エッチングを説明する。

【0044】図2は、エッチング中のウェハの分光反射  
率の一例を示した図である。

【0045】分光反射率27は、上記(1)～(7)式  
に示されたとおり、ウェハ表面の光路長差を反映して波  
長により変化している。各干渉成分J<sub>12</sub>、J<sub>23</sub>、J<sub>31</sub>は、波長λの逆数に対して周期的に変化する。したが

って、分光反射率27を波長 $\lambda$ の逆数に関してフーリエ変換すると、各干渉成分の光路長差 $\Delta S_{12}$ 、 $\Delta S_{23}$ 、 $\Delta S_{31}$ が、図3に示されるように求められる。

【0046】各ピークの高さは、各干渉成分の振幅を反映している。この例では、 $\Delta S_{23}$ 、 $\Delta S_{12}$ の順に振幅が大きく、 $\Delta S_{31}$ は振幅が小さいため現れていない。マスクSiO<sub>2</sub>の屈折率 $n_1$ が既知であれば、上記(5)式及び(6)式が使用されて、光路長差 $\Delta S_{12}$ 、 $\Delta S_{23}$ の値よりウェハ開口部のエッチング深さ $d_2$ が得られる。

【0047】エッチング中のウェハの分光反射率を定期的に測定して、上記のように光路長差を求めていくと、その特性は図4に示されるようになる。

【0048】図4は、縦軸に時間、横軸に光路長差をとり、光路長差のピーク位置をプロットしたものである。尚、上記した図3は、図4の時間 $t$ に対応したものである。

【0049】エッチング速度が一定であれば、光路長差は、図4に示されるように直線的に変化する。この直線の傾きは、ウェハ開口部とマスク部のエッチング速度により決定される。

【0050】上述した従来技術で課題となっていた、開口部の干渉成分 $J_{23}$ とマスク部の干渉成分 $J_{12}$ の周期が近い場合というのは、両者の光路長差29、30の傾きがほぼ等しい場合に相当する。しかしながら、この発明では、両者の絶対値が求められているので、図4に示されるように、開口部とマスク部の成分を明確に分離することができる。これにより、開口部のエッチング深さを正確に監視することができるのである。

【0051】次に、上述した検出器24によるエッチングの監視動作について、図5のフローチャートを参照して説明する。

【0052】エッチング開始と共に監視が開始されると、まずステップS1にて、分光器23より分光強度データが取得される。ここで得られる分光強度データには、ウェハの分光反射率だけでなく、光源の分光強度や光ファイバ束の分光透過率等が反映されている。そこで、被処理ウェハ17の代わりにベアウェハを下部電極\*

$$d_2 = \frac{1}{2} \left( \left( 1 - \frac{1}{n_1} \right) \Delta S_{12} + \Delta S_{23} \right) \quad \dots (11)$$

【0059】ここで、エッチング深さ $d_2$ が目的値に到達したならば、エッチングを終了する。一方、到達していなければ上記ステップS1へ戻り、監視が継続される。

【0060】このように、第1の実施の形態によれば、開口部とマスク部の光路長差の変化速度が近接していても、開口部のエッチング深さを正確に監視することができる。

【0061】更に、パターン幅がサブミクロンオーダーのウェハであっても、エッチング深さを正確に監視し、エッチング終点を正確に検出することができる。

\*13上に載置して、同監視装置で予め校正用の分光強度データを測定しておく。そして、ステップS2にて、上記ステップS1で取得された分光強度データを、その校正データで割り算することにより、ウェハの表面構造以外からの影響が除去される。

【0053】ステップS3では、上記分光強度データが補間されて、波数(=波長の逆数)に関して等間隔になるように変換される。ここで、補間法は直線補間程度で十分である。

【0054】次いで、ステップS4にて、DC成分の除去(=データの平均値を差し引く)、時間窓(ハニング窓等)、0点追加等の一般的な前処理が等間隔波数で並んだ分光強度データに施された後、高速フーリエ変換される。

【0055】ステップS5では、光路長差に変換されたデータのピーク位置 $\Delta S_{23}$ 、 $\Delta S_{12}$ が検出される。データの間隔が広い場合は、補間法を併用して、より正確なピーク位置が求められるようにする。尚、エッチング前のマスク膜厚の概略値がわかっているならば、各ピークの初期位置が予測可能である。そこで、ピーク位置の検出範囲を、その近傍に限定することにより、検出時間の短縮や誤ピーク検出の防止を図ることができる。エッチング進行中には、前回のピーク位置の近傍でピークを探すようにする。

【0056】次に、ステップS6にて、上述したように、測定されるエッチング深さにはパターン幅に依存した偏差があるので、それが補正される。すなわち、偏差の割合を予め実測或いはシミュレーションで求めておき、それを補正する係数を光路長差 $\Delta S_{23}$ 、 $\Delta S_{12}$ に掛ける。尚、この補正は次項で求めるエッチング深さに対して行っても良い。

【0057】そして、ステップS7に於いて、上記光路長差 $\Delta S_{23}$ 、 $\Delta S_{12}$ から、上記(5)式及び(6)式により、下記(11)式の如く、エッチング深さ $d_2$ が求められる。

【0058】

【数3】

40※【0062】次に、この発明の第2の実施の形態について説明する。

【0063】この第2の実施の形態は、1波長測定及び周期補正によるものである。

【0064】第2の実施の形態のエッチング監視装置の構成は、図1に示される上述した第1の実施の形態と同様である。但し、分光器23はモノクロメータで構成され、指定された1波長の光強度を光電変換し、それをデジタルデータとして出力するものである。この場合、エッチング中に測定されるデータは、図8に示されるような特性になる。

【0065】次に、第2の実施の形態に於けるエッチング監視装置のエッチング終点検出方法について、図6のフローチャートを参照して説明する。

【0066】エッチング開始と共に監視が開始されると、ステップS11に於いて、分光器23より光強度データが取得される。次いで、ステップS12にて、指定された過去何点かの光強度データが参照され、ピーク（極大及び極小）位置が検出される。

【0067】ここで、新たなピークが現れたらステップS13へ移行してピーク間隔が更新される。それ以外は、ステップS14へ移行する。

【0068】ステップS13では、ピーク時刻の平均間隔（＝半周期の時間）が求められる。このピーク間隔には、上述したように、パターン幅に依存した偏差があるので、それが補正される。すなわち、偏差の割合を、予め上記の計算によるシミュレーション、或いは基準となるサンプルでの実測から求めておき、それを補正する係数をピーク間隔に掛ける。尚、この補正は次項で求めるエッチング深さの変化量に対して行っても良い。

【0069】そして、ステップS14に於いて、エッチング開始から現在までの経過時間と上記ピーク間隔より、エッチング開始から現在までのデータの周期Tが求められる。それが上記（10）式に代入されて、エッチング深さの変化量 $\Delta d_2$ が得られる。それが規定の値に達していたら、エッチングを終了する。一方、達していなければ上記ステップS11へ移行して、監視が継続される。

【0070】このように、第2の実施の形態によれば、ウェハのパターン幅が測定光の波長 $\lambda$ と同等以下になっている場合でも、エッチング深さの変化量を正確に監視することができる。

【0071】更に、パターン幅がサブミクロンオーダのウェハであっても、エッチング深さを正確に監視し、終点を検出することができる。

【0072】

【発明の効果】以上のように、この発明によればエッチングの終点を正確に検出することのできるエッチング監視装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のエッチング監視装置の第1の実施の形態の構成を示したもので、光干渉法によりドライエッチング（反応性イオンエッチング）の終点を検出する監視装置の一例を示した図である。

【図2】この発明の第1の実施の形態を説明するもので、エッチング中のウェハの分光反射率の一例を示した図である。

【図3】この発明の第1の実施の形態を説明するもので、ウェハ表面の干渉成分の光路長差を示した図である。

【図4】この発明の第1の実施の形態を説明するもので、上記光路長差のピーク位置を示した図である。

【図5】この発明の第1の実施の形態の検出器によるエッチングの監視動作について説明するフローチャートである。

【図6】この発明の第2の実施の形態の検出器によるエッチングの監視動作について説明するフローチャートである。

【図7】従来の一般的なエッチング中のウェハ断面図である。

【図8】エッチング監視装置で測定される信号の強度を示した特性図である。

【図9】電磁場解析の計算モデルを説明する図である。

【図10】電磁場解析の計算結果を説明する図である。

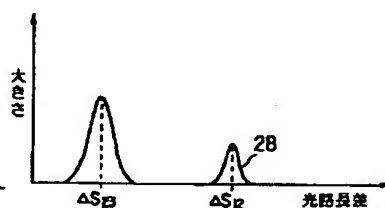
【符号の説明】

- 11 エッチングチャンバ、
- 12 上部電極、
- 13 下部電極、
- 14 開口、
- 15 導入管、
- 17 ウェハ、
- 18 RF電源、
- 20 光源、
- 21 光ファイバ束、
- 22 コリメートレンズ、
- 23 分光器、
- 24 検出器。

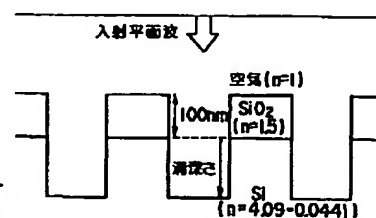
【図2】



【図3】

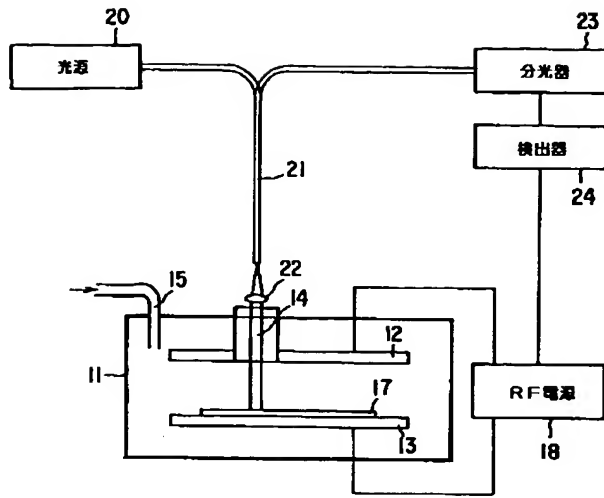


【図9】

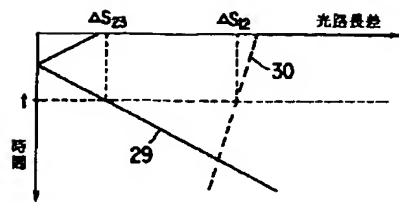




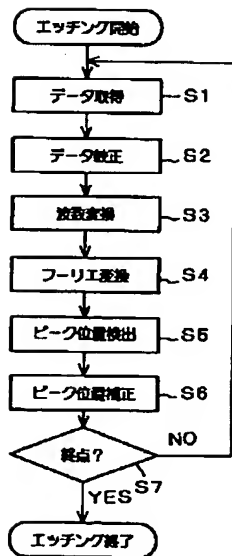
【図1】



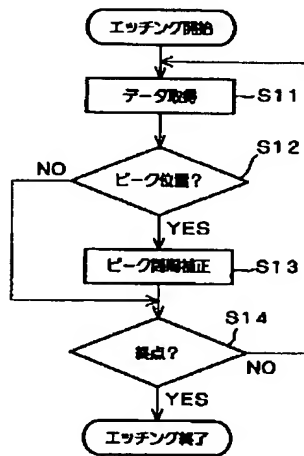
【図4】



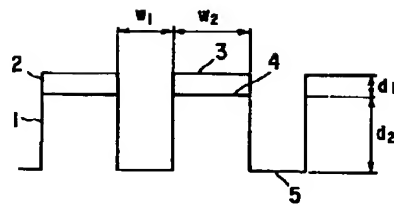
【図5】



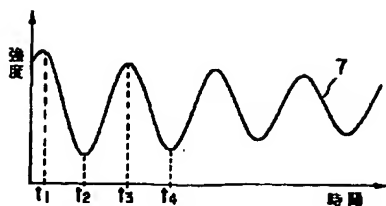
【図6】



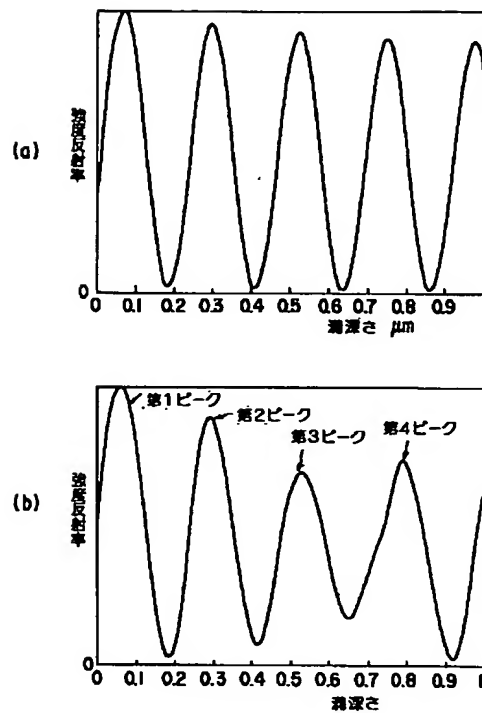
【図7】



【図8】



【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F064 AA01 AA09 FF03 GG02 HH01  
 JJ15  
 2F065 AA25 BB02 CC19 DD00 EE00  
 FF31 FF51 FF61 GG03 GG24  
 HH03 HH13 JJ02 JJ09 JJ25  
 LL03 LL04 LL67 LL68 PP01  
 PP11 QQ00 QQ03 QQ16 QQ25  
 QQ26 QQ29 QQ42  
 4M106 AA10 CA48 DH12 DH31 DH38  
 DH40 DH55 DJ11 DJ19 DJ20  
 5F004 BA04 BB05 BB13 CA08 CB02  
 CB16 DB01 EA06

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] In manufacture processes, such as a semi-conductor wafer or a liquid crystal glass substrate, this invention supervises etching and relates to the technique of detecting the terminal point of this process.

[0002]

[Description of the Prior Art] An optical interference method is in one of the approaches which supervises etching and generally detects the terminal point in manufacture processes, such as a semi-conductor wafer or a liquid crystal glass substrate.

[0003] Dry etching (reactive ion etching) equipment has the up electrode and lower electrode which counter for example, in an etching chamber, opening for letting the flux of light of an etching monitor pass to an up electrode is prepared, and a wafer is laid on a lower electrode. Moreover, the reactant gas of dry etching is introduced in a chamber through introductory tubing.

[0004] And if high-frequency power is supplied to the above-mentioned up electrode and a lower electrode from RF power source, the plasma which changes from the radical of reactant gas to inter-electrode will occur, and etching on the front face of a wafer will advance by the physical impact by this radical, the chemical reaction of the matter on the front face of a wafer, and a radical colliding with a wafer front face.

[0005] On the other hand, after the dry etching supervisory equipment which detects the terminal point of etching leads the illumination light from the light source to a collimate lens by the optical fiber bundle and makes it abbreviation parallel light with a collimate lens, vertical incidence of it is carried out to the above-mentioned wafer front face through opening for a monitor. and the flux of light reflected on the wafer front face -- opening for a monitor -- a passage -- a collimate lens -- condensing -- having -- an optical fiber bundle -- incidence -- it carries out.

[0006] Furthermore, if led to a spectroscope from an optical fiber bundle, one wave will be separated from the wafer reflected light here, and photo electric conversion of the reinforcement will be carried out. If the terminal point of etching is detected by the detector based on this electrical signal by which photo electric conversion was carried out, on it, the electric power supply from RF power source to the above-mentioned up electrode and a lower electrode electrode will be stopped, and etching will be ended on it.

[0007] Next, the signal measured with such etching supervisory equipment and how to search for an etching terminal point are explained.

[0008] Drawing 7 is drawing having shown an example of the wafer cross section under etching.

[0009] In this example, it sets to the Si substrate 1, and is SiO<sub>2</sub>. Opening which is not covered with a mask 2 is etched. If this wafer is illuminated, from three interfaces, the mask front face 3, the mask base 4, and the opening front face 5, the reflected light will return, respectively and it will interfere mutually. It is the reinforcement of the reflected light from a field side I1 (3) I2 (4) I3 It is referred to as (5). The optical-path-length difference of the round trip between field sides delta S12 (3 and 4), delta S23 (4 and

5),  $\Delta S_{31}$  (5 and 3), then the reinforcement I of the reflected light  $I = I_1 + I_2 + I_3 + J_{12} + J_{23} + J_{31}$  -- (1)

[0010]

$$J_{12} = 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{12}}{\lambda} + \phi_{12} \right) \quad \dots (2)$$

$$J_{23} = 2\sqrt{I_2 I_3} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{23}}{\lambda} + \phi_{23} \right) \quad \dots (3)$$

$$J_{31} = 2\sqrt{I_3 I_1} \cos \left( 2\pi \frac{\Delta S_{31}}{\lambda} + \phi_{31} \right) \quad \dots (4)$$

[0011] It becomes. However,  $\phi$  is a constant resulting from the phase change produced in the reflection in a field side.

[0012] Each optical-path-length difference  $\Delta S_{12} = 2n_1 d_1$  -- (5)  $\Delta S_{23} = 2(d_1 + d_2) - 2n_1 d_1 = 2d - 2(n_1 - 1)d_1$  -- (6)  $\Delta S_{31} = -2(d_1 + d_2)$  -- (7) it is. ( $n_1$ : Refractive index of a mask  $\text{SiO}_2$ )

The reinforcement of the reflected light from a field side is determined by the reflection factor of an interface, the rate of area of the field side occupied in measuring range, etc. Since the reflection factor of an interface (mask base) 4 and an interface (opening front face) 5 is large enough compared with the reflection factor of an interface (mask front face) 3, if the rate of area of opening (= numerical aperture) is large to about several 10%, the interferent component of interfaces 4 and 5 will become dominant. Therefore, the signal measured with etching supervisory equipment comes to be shown in drawing 8.

[0013] One period of the signal wave form 7 is the variation  $\Delta$  ( $\Delta S_{23}$ ) of the optical-path-length difference  $\Delta S_{23}$  (the above-mentioned (6) formula).

$\Delta(\Delta S_{23}) = 2\Delta d_2 - 2(n_1 - 1)\Delta d_1$  -- (8) It is equivalent to being equal to wavelength  $\lambda$ .

Therefore, refractive index  $n_1$  of a mask Etch selectivity  $R$  (ratio of the etch rate of = mask and opening)

$R = \Delta d_2 / \Delta d_1$  -- (9) If it is known, it is the variation  $\Delta d_2$  of the etching depth of opening from the period  $T$  of the signal wave form 7. [0014]

[Equation 2]

$$\Delta d_2 = \frac{R\lambda}{2(R - n_1 + 1)} T \quad \dots (10)$$

[0015] It will ask.

[0016] That is, the detector mentioned above is peak time-of-day  $t_1$  -  $t_4$  of the signal wave form 7. It detects serially and asks for the average spacing (time amount of = half period). Furthermore, it asks for a period  $T$  from the elapsed time and the above-mentioned average spacing from etching initiation to the present, and is the variation  $\Delta d_2$  of the etching depth from the above-mentioned (10) formula. It obtains. It detects the time of day which reached the regular value as a terminal point.

[0017]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, there are two technical problems in the approach of the conventional terminal point detection mentioned above.

[0018] When the numerical aperture of a wafer is [ 1st ] small, the interferent component  $J_{12}$  (the above-mentioned (2) formula) of the mask section becomes large. Therefore, a signal wave form turns into a wave which the interferent component of the above-mentioned opening and the interferent component of the mask section superimposed.

[0019] When both period is near, it becomes very difficult to extract only the interferent component of opening, and it becomes impossible to detect an exact terminal point by the approach using the above peak time of day.

[0020] The variation of the etching depth by which the above-mentioned (10) formula was used and calculated [ 2nd ] from the period of a signal wave form when the pattern width of face ( $w_1$  and  $w_2$ ) of a wafer as shown in drawing 7 became below equivalent on the wavelength  $\lambda$  of a measuring beam

may not be in agreement with an actual value. It is supported from the following electromagnetic-field analyses.

[0021] The model used for count is in the condition that the mask pattern which consists of diacid-ized silicon ( $\text{SiO}_2$ ) with a thickness of 100nm is formed on a silicon Si substrate, and Si of opening is etched by plasma etching, as shown in drawing 9.

[0022] A mask pattern is a regular intervals spacing [ line breadth and spacing ] simple repeat rectangle mold grid. although Si is perpendicularly etched from a front face by plasma etching -- here -- explanation -- for convenience --  $\text{SiO}_2$  what is not etched at all -- carrying out -- the complex index of refraction of Si -- 4.09-0.0441 -- j and  $\text{SiO}_2$  A refractive index is considered as 1.5.

[0023] When vertical incidence of the plane wave with a wavelength of 450nm was carried out from the upper part of this wafer, the reflection factor of the component which reflects regularly with a wafer on the strength was calculated using the technique called the so-called mode having-consistency method. About this mode having-consistency method, that approach is explained to the Yamashita \*\*\*\* editorial supervision "the basic analysis method of an electromagnetic wave problem" (edited by Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, October 30, Showa 62 issue), for example. It asked for the relation of the channel depth and the reflection factor on the strength which were formed in Si substrate.

[0024] The count result in the case of being the case where line breadth and spacing are 3 micrometers, and 0.6 micrometers became that from which the period of the signal wave form of a reflection factor on the strength differs, as shown in drawing 10 (a) and (b), respectively.

[0025] To a thing with the channel depth fixed when line breadth and spacing are 3 micrometers per on-the-strength reflection factor 1 period as about 0.225 micrometers, when line breadth and spacing are 0.6 micrometers, spacing of spacing of 0.23 micrometers, the 2nd peak, and the 3rd peak of 0.24 micrometers, the 3rd peak, and the 4th peak is not fixed for spacing of the 1st peak and the 2nd peak with 0.26 micrometers.

[0026] On the other hand, the period of the reflection factor on the strength expected from the above-mentioned (3) formula and (6) types is 0.225 micrometers which is the one half of wavelength.

[0027] Therefore, when the pattern width of face of a wafer is wavelength  $\lambda$  and below equivalent, a certain deflection will arise between the variation of the etching depth calculated using the above-mentioned (10) formula, and an actual value.

[0028] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and it aims at offering the etching supervisory equipment which can detect the terminal point of etching correctly.

[0029]

[Means for Solving the Problem] Namely, 1st introductory means by which this invention leads the flux of light from the source of the white light, and this source of the white light to a wafer, the spectrum of the reflected light from the above-mentioned wafer -- with the spectroscope which measures reinforcement, and the 2nd introductory means which leads the reflected light from the above-mentioned wafer to the above-mentioned spectroscope the spectrum measured with the above-mentioned spectroscope -- with the 1st conversion means which changes data on the strength into the data of wave number regular intervals the spectrum of the above-mentioned wave number regular intervals changed with the conversion means of the above 1st -- with the 2nd conversion means which carries out the fast Fourier transform of the data on the strength It is characterized by providing a detection means to detect the peak location of the data changed with the conversion means of the above 2nd, and a means to calculate the amount of etching from the peak location detected with the above-mentioned detection means.

[0030] Moreover, 1st introductory means by which this invention leads the flux of light from the light source and this light source to a wafer, The spectroscope which measures the reinforcement of the assignment wavelength contained in the reflected light from the above-mentioned wafer, The 2nd introductory means which leads the reflected light from the above-mentioned wafer to the above-mentioned spectroscope, and a means to calculate the amount of etching from the data on the strength measured with the above-mentioned spectroscope, It is characterized by having a means to amend the

deflection of the above-mentioned amount of etching for which it depends on the pattern width of face of the above-mentioned wafer in a means to calculate the above-mentioned amount of etching.

[0031] if it is in the etching supervisory equipment of this invention, the flux of light from the source of the white light leads to a wafer -- having -- the spectrum of the reflected light from this wafer -- reinforcement is measured with a spectroscopy. the spectrum measured with the above-mentioned spectroscopy -- data on the strength are changed into the data of wave number regular intervals by the 1st conversion means. moreover, the spectrum of the above-mentioned wave number regular intervals changed with the conversion means of the above 1st -- the fast Fourier transform of the data on the strength is carried out by the 2nd conversion means. The amount of etching is calculated from the peak location where the peak location was detected by the detection means, and the data changed with the 2nd conversion means were detected with this detection means.

[0032] Moreover, if it is in the etching supervisory equipment of this invention, the flux of light from the light source is led to a wafer, and the reinforcement of the assignment wavelength contained in the reflected light from this wafer is measured with a spectroscopy. The amount of etching can be calculated from the data on the strength measured with the above-mentioned spectroscopy, and the deflection of the above-mentioned amount of etching depending on the pattern width of face of the above-mentioned wafer is amended.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of implementation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0034] First, with reference to drawing 1 thru/or drawing 5 , and drawing 7 , the gestalt of implementation of the 1st of this invention is explained.

[0035] The gestalt of this 1st operation measures a thickness absolute value by multi-wavelength measurement and the fast Fourier transform (FFT).

[0036] Drawing 1 is what showed the configuration of the 1st of the gestalt of operation of the etching supervisory equipment of this invention, and is drawing having shown an example of supervisory equipment which detects the terminal point of dry etching (reactive ion etching) with an optical interference method.

[0037] In drawing 1 , in the etching chamber 11, it has the up electrode 12 and the lower electrode 13 which counter, and the wafer 17 is laid on this lower electrode 13. On the other hand, the opening 14 for the monitor for letting the flux of light of an etching monitor pass is formed in the up electrode 12. Furthermore, in the etching chamber 11, the introductory tubing 15 for introducing the reactant gas of dry etching is arranged.

[0038] The RF power source 18 is connected to the above-mentioned up electrode 12 which carries out opposite, and the lower electrode 13. If high-frequency power is supplied to the up electrode 12 and the lower electrode 13 according to this RF power source 18, the plasma which changes from the radical of reactant gas to inter-electrode will occur. Etching of this wafer 17 front face advances by the physical impact by this radical, the chemical reaction of the matter of wafer 17 front face, and a radical colliding with wafer 17 front face.

[0039] The etching supervisory equipment which supervises the inside of the above-mentioned etching chamber 11 is constituted as follows.

[0040] As the light source 20, using Xe lamp which emits the white light from an ultraviolet region to an infrared region, the illumination light from this light source 20 lets the optical fiber bundle 21 made from a quartz pass, is led to the collimate lens 22 prepared above the above-mentioned opening 14, and is made into abbreviation parallel light here, and vertical incidence is carried out to wafer 17 front face through this opening 14.

[0041] It is condensed with a collimate lens 22 through opening 14, and the flux of light reflected on wafer 17 front face is again led to a spectroscopy 23 through an optical fiber bundle 21. A polychromator is used, package measurement of the reinforcement of each wavelength of an ultraviolet region to an infrared region is carried out by the optoelectric transducer of many channels, and it is outputted to this spectroscopy 23 as an electrical signal.

[0042] The detector 24 which detects the terminal point of etching is connected based on that electrical signal at the above-mentioned spectroscopy 23, and the RF power source 18 which supplies high-frequency power to the above-mentioned up electrode 12 and the lower electrode 13 is connected to this detector 24. If the terminal point of etching is detected by the above-mentioned detector 24, the RF power source 18 will stop the electric power supply to the up electrode 12 and the lower part 13, and will end etching.

[0043] Next, the wafer sectional view under etching shown in drawing 7 is referred to about the terminal point detection approach of etching by the etching supervisory equipment of the gestalt of the 1st operation constituted in this way, and it is SiO<sub>2</sub>. Etching of the Si substrate 1 with a mask 2 is explained.

[0044] Drawing 2 is drawing having shown an example of the spectral reflectance of the wafer under etching.

[0045] The spectral reflectance 27 is changing with wavelength reflecting the optical-path-length difference on the front face of a wafer as it was shown in the above-mentioned (1) - (7) type. Each interferent components J12, J23, and J31 change periodically to the inverse number of wavelength  $\lambda$ . Therefore, if the Fourier transform of the spectral reflectance 27 is carried out about the inverse number of wavelength  $\lambda$ , the optical-path-length differences  $\Delta S12$ ,  $\Delta S23$ , and  $\Delta S31$  of each interferent component will be searched for as shown in drawing 3.

[0046] The height of each peak is reflecting the amplitude of each interferent component. In this example, since the amplitude is large in order of  $\Delta S23$  and  $\Delta S12$  and  $\Delta S31$  has the small amplitude, it has not appeared. Mask SiO<sub>2</sub> Refractive index  $n1$  If it is known, the above-mentioned (5) formula and (6) types will be used, and it is the etching depth  $d2$  of wafer opening from the value of the optical-path-length differences  $\Delta S12$  and  $\Delta S23$ . It is obtained.

[0047] When the spectral reflectance of the wafer under etching is measured periodically and the optical-path-length difference is searched for as mentioned above, the property comes to be shown in drawing 4.

[0048] Time amount is taken along an axis of ordinate, it takes an optical-path-length difference along an axis of abscissa, and drawing 4 plots the peak location of an optical-path-length difference. In addition, above-mentioned drawing 3 corresponds to the time amount  $t$  of drawing 4.

[0049] If the etch rate is fixed, an optical-path-length difference will change linearly, as shown in drawing 4. This slope of a line is determined by the etch rate of wafer opening and the mask section.

[0050] The case where the period of the interferent component J23 of opening and the interferent component J12 of the mask section which had become a technical problem with the conventional technique mentioned above is near corresponds, when the inclination of both optical-path-length differences 29 and 30 is almost equal. However, in this invention, since both absolute value is calculated, as shown in drawing 4, the component of opening and the mask section is clearly separable. Thereby, the etching depth of opening can be supervised correctly.

[0051] Next, monitor actuation of etching by the detector 24 mentioned above is explained with reference to the flow chart of drawing 5.

[0052] if a monitor is started with etching initiation -- first -- step S1 -- a spectroscopy 23 -- a spectrum -- data on the strength are acquired. the spectrum obtained here -- data on the strength -- the spectrum of not only the spectral reflectance of a wafer but the light source -- reinforcement, the spectral transmittance of an optical fiber bundle, etc. are reflected. then, instead of [ of the processed wafer 17 ] - BEAWEHA -- the lower electrode 13 top -- laying -- the spectrum beforehand for proofreading with this supervisory equipment -- data on the strength are measured. and the spectrum acquired at the above-mentioned step S1 by step S2 -- the effect from other than the surface structure of a wafer is removed by carrying out division process of the data on the strength by the proofreading data.

[0053] step S3 -- the above -- a spectrum -- data on the strength are interpolated, and it is changed so that it may become at equal intervals about the wave number (inverse number of = wavelength). Here, linear interpolation extent is enough as interpolation.

[0054] subsequently, the spectrum with which general pretreatment of removal (the average of = data is

deducted) of DC component, time windows (Hanning aperture etc.), a zero-point addition, etc. was located in a line with the regular-intervals wave number in step S4 -- after being given to data on the strength, a fast Fourier transform is carried out.

[0055] At step S5, the peak locations delta S23 and delta S12 of the data changed into the optical-path-length difference are detected. When spacing of data is large, interpolation is used together and a more exact peak location is called for. In addition, if the rough order of magnitude of the mask thickness before etching is known, the initial value position of each peak can be predicted. Then, compaction of detection time and prevention of incorrect peak detection can be aimed at by limiting the detection range of a peak location to the near. During etching advance, a peak is looked for near the last peak location.

[0056] Next, since there is deflection depending on pattern width of face in the etching depth measured as mentioned above at step S6, it is amended. That is, it asks for the rate of deflection in an observation or simulation beforehand, and the optical-path-length differences delta S23 and delta S12 are multiplied by the multiplier which amends it. In addition, this amendment may be performed to the etching depth for which it asks by the following term.

[0057] And it sets to step S7 and is the etching depth d2 like following the (11) type by the above-mentioned (5) formula from the above-mentioned optical-path-length differences delta S23 and delta S12, and (6) types. It asks.

[0058]

[Equation 3]

$$d_2 = \frac{1}{2} \left( \left( 1 - \frac{1}{n_1} \right) \Delta S_{12} + \Delta S_{23} \right) \quad \dots (11)$$

[0059] Here, it is the etching depth d2. Etching will be ended if the purpose value is reached. On the other hand, if it has not reached, return and a monitor are continued to the above-mentioned step S1.

[0060] Thus, according to the gestalt of the 1st operation, even if the change rate of the optical-path-length difference of opening and the mask section is close, the etching depth of opening can be supervised correctly.

[0061] Furthermore, even if pattern width of face is the wafer of submicron order, the etching depth can be supervised correctly and an etching terminal point can be detected correctly.

[0062] Next, the gestalt of implementation of the 2nd of this invention is explained.

[0063] The gestalt of this 2nd operation is based on one-wave measurement and periodic amendment.

[0064] The 2nd configuration of the etching supervisory equipment of the gestalt of operation is the same as that of the gestalt of the 1st operation which is shown in drawing 1 and which was mentioned above. However, a spectroscopy 23 consists of monochromators, carries out photo electric conversion of one wave of specified optical reinforcement, and outputs it as digital data. In this case, the data measured during etching become a property as shown in drawing 8.

[0065] Next, the etching end point detector approach of the etching supervisory equipment in the gestalt of the 2nd operation is explained with reference to the flow chart of drawing 6.

[0066] If a monitor is started with etching initiation, in step S11, data on the strength [ optical ] will be acquired from a spectroscopy 23. Subsequently, at step S12, those data on the strength [ optical ] are referred to the specified what point past, and a peak (maximum and minimum) location is detected.

[0067] Here, if a new peak appears, it will shift to step S13 and peak spacing will be updated. Except it, it shifts to step S14.

[0068] At step S13, average spacing (time amount of = half period) of peak time of day is called for. Since there is deflection depending on pattern width of face in this peak spacing as mentioned above, it is amended. That is, it asks for the rate of deflection from the observation with the sample which serves as simulation by the above-mentioned count, or criteria beforehand, and peak spacing is multiplied by the multiplier which amends it. In addition, this amendment may be performed to the variation of the etching depth for which it asks by the following term.

[0069] And in step S14, the period T of the data from etching initiation to current is called for from the elapsed time and the above-mentioned peak spacing from etching initiation to current. It is substituted



for the above-mentioned (10) formula, and it is the variation  $\Delta d_2$  of the etching depth. It is obtained. Etching will be ended if it has reached the regular value. On the other hand, if it has not reached, it shifts to the above-mentioned step S11, and a monitor is continued.

[0070] Thus, according to the gestalt of the 2nd operation, even when the pattern width of face of a wafer has become below equivalent on the wavelength  $\lambda$  of a measuring beam, the variation of the etching depth can be supervised correctly.

[0071] Furthermore, even if pattern width of face is the wafer of submicron order, the etching depth can be supervised correctly and a terminal point can be detected.

[0072]

[Effect of the Invention] As mentioned above, according to this invention, the etching supervisory equipment which can detect the terminal point of etching correctly can be offered.

---

[Translation done.]